


LASER PLASMA EUV LIGHT SOURCE DEVICE, AND TARGET USED FOR IT

Patent number: JP2002214400
Publication date: 2002-07-31
Inventor: NISHIMURA YASUHIKO; AZUMA HIROZUMI
Applicant: TOYOTA MACS INC.; TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC
Classification:
- international: G21K5/08; G03F7/20; G21K5/00; H01L21/027; H05H1/24
- european:
Application number: JP20010004756 20010112
Priority number(s):

Also published as:

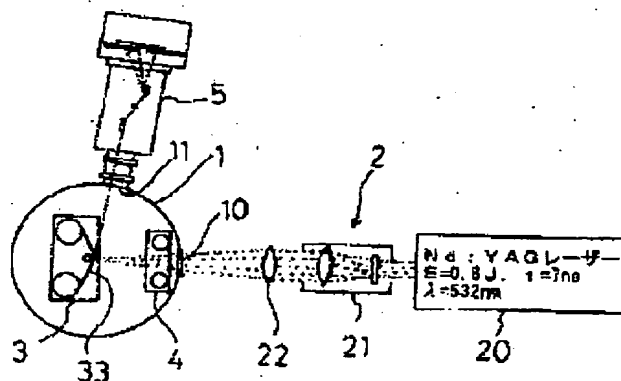
 US2002094063 (A1)

[Report a data error here](#)

Abstract of JP2002214400

PROBLEM TO BE SOLVED: To repeatedly generate electromagnetic waves with a wave length in an EUV region by irradiation of laser beams at a high frequency higher than several kHz.

SOLUTION: This light source device comprises a vacuum vessel 1, a tape-like target 33 disposed in the vacuum vessel 1, a beam irradiation means for irradiation of an energy beam to the target 33, an input optical system 2 for guiding the energy beam to the target 33, an output optical system 5 for guiding generated electromagnetic waves, a shielding device 4 for protecting at least one of the input optical system 2 and the output optical system 5 from debris, and a wave length selecting device 53 for selecting electromagnetic waves with the wave length in the EUV region from the generated electromagnetic waves. The target 33 has a two-layer structure of a polymer film and a metal layer to suppress occurrence of the debris, and occurring debris is also shielded by the shielding device 4. A winding thickness of the target 33 can be decreased, so that long time supply is allowed and the device can be also miniaturized.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Patent Abstracts of Japan

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-214400

(P2002-214400A)

(43) 公開日 平成14年7月31日 (2002.7.31)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターミナル (参考)
G 2 1 K 5/08		C 2 1 K 5/08	X 2 H 0 9 7
G 0 3 F 7/20	5 0 3	C 0 3 F 7/20	5 0 3 5 F 0 4 6
G 2 1 K 5/00		G 2 1 K 5/00	Z
H 0 1 L 21/027		H 0 5 H 1/24	
H 0 5 H 1/24		H 0 1 L 21/30	5 3 1 S
審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 13 頁)			

(21) 出願番号 特願2001-4756(P2001-4756)

(22) 出願日 平成13年1月12日 (2001.1.12)

(71) 出願人 594026192

株式会社トヨタマックス

愛知県豊田市トヨタ町2番地

(71) 出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1

(72) 発明者 西村 靖彦

愛知県豊田市トヨタ町2番地 株式会社トヨタマックス内

(74) 代理人 100081776

弁理士 大川 宏

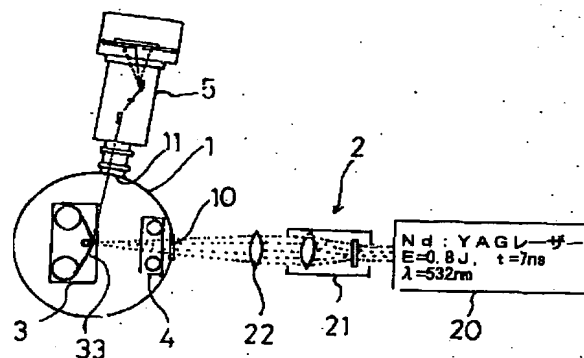
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザープラズマEUV光源装置及びそれに用いられるターゲット

(57) 【要約】

【課題】数kHz以上の高頻度でレーザービームを照射してEUV領域の波長の電磁波を繰り返し発生させることができるようにする。

【解決手段】真空容器1と、真空容器1内に配置されたテープ状のターゲット33と、ターゲット33にエネルギービームを照射するビーム照射手段と、エネルギービームをターゲット33に導く入力光学系2と、発生した電磁波を導く出力光学系5と、入力光学系2及び出力光学系5の少なくとも一方をデブリから保護する遮蔽装置4と、電磁波からEUV領域の波長の電磁波を選択する波長選択装置53と、から構成した。ターゲット33を高分子フィルムと金属層との二層構造とすることでデブリの発生を抑制でき、発生したデブリも遮蔽装置4で遮蔽される。またターゲット33の巻取り厚さを小さくできるので、長時間の供給が可能となり装置も小型化可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザープラズマEUV光源装置内に配置されエネルギービームの照射によりEUV領域の波長の電磁波を発生するターゲットであって、膜厚10～100 μm の高分子フィルムと、該高分子フィルムに保持されたターゲット材料とからなることを特徴とするレーザープラズマEUV光源装置に用いられるターゲット。

【請求項2】 前記ターゲット材料はAl、Cu、Sn及びSiから選ばれる金属の単体又は合金からなることを特徴とする請求項1に記載のレーザープラズマEUV光源装置に用いられるターゲット。

【請求項3】 前記ターゲットは、前記高分子フィルムと該高分子フィルム表面に形成された膜厚1～20 μm の金属層とからなることを特徴とする請求項1に記載のレーザープラズマEUV光源装置に用いられるターゲット。

【請求項4】 真空容器と、該真空容器内に配置されたターゲットと、該ターゲットにエネルギービームを照射するビーム照射手段と、該エネルギービームを該ターゲットに導く入力光学系と、該真空容器に連通して設けられ該ターゲットから発生した電磁波を導く出力光学系と、該入力光学系及び該出力光学系の少なくとも一方を飛散粒子から保護する遮蔽装置と、該電磁波からEUV領域の波長の電磁波を選択する波長選択装置と、よりなることを特徴とするレーザープラズマEUV光源装置。

【請求項5】 前記ターゲットは請求項3に記載のターゲットであり、該ターゲットを前記エネルギービームの集光位置に連続的又は間欠的に供給するターゲット駆動装置をもつことを特徴とする請求項4に記載のレーザープラズマEUV光源装置。

【請求項6】 前記ターゲットはテープ状ターゲットであり、前記ターゲット駆動手段は該テープ状ターゲットを送り出す駆動部と該テープ状ターゲットを巻き取る巻取部とをもち、前記エネルギービームの集光位置は該駆動部と該巻取部の間にあることを特徴とする請求項5に記載のレーザープラズマEUV光源装置。

【請求項7】 前記入力光学系は、EUV領域の波長の電磁波の取り出し軸方向を含む平面内で前記エネルギービームを振動させるビーム振動手段をもつことを特徴とする請求項6に記載のレーザープラズマEUV光源装置。

【請求項8】 前記エネルギービームの振動方向は前記テープ状ターゲットの移動方向に対して垂直であることを特徴とする請求項7に記載のレーザープラズマEUV光源装置。

【請求項9】 前記遮蔽装置は、窒化ケイ素膜と補強膜とからなる遮蔽膜をもち前記出力光学系を飛散粒子から保護することを特徴とする請求項4～8のいずれかに記載のレーザープラズマEUV光源装置。

【請求項10】 前記遮蔽装置は前記遮蔽膜を移動させ

る移動手段をもつことを特徴とする請求項9に記載のレーザープラズマEUV光源装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長10nm～15nmにおけるEUV (Extreme Ultra Violet) 領域の電磁波を発生させるレーザープラズマEUV光源装置と、そのレーザープラズマEUV光源装置に用いられるターゲットに関する。本発明のレーザープラズマEUV光源装置から取り出されるEUV領域の波長の電磁波は、EUVリソグラフィ、電子分野あるいは化学材料分野に用いられる。

【0002】

【従来の技術】近年、真空容器内に配置された所定のターゲットにレーザービームを照射して軟X線を発生させるX線光源装置が知られている。例えばターゲットとして平板状あるいは円柱状の固体金属を用い、このターゲットの表面にレーザービームを集光させることによって高密度レーザープラズマを生成し、この自由膨張したプラズマ中から発生する軟X線をX線光学系を介して外部へ導く構造のものが知られている。

【0003】また近年、10～100MW/cm²以上の強度をもつ高エネルギーのレーザー光が開発され、このレーザー光を励起用に用いてレーザープラズマ軟X線を発生させる装置が提案され（特開平7-128500号公報など）、X線リソグラフィやX線顕微鏡などへの応用が期待されている。

【0004】しかしこのようなX線光源装置では、過熱による不具合を回避するために数10分以上の間隔をあけて間欠的に励起用レーザー光の照射を行っているのが現状である。これでは連続的に軟X線を取り出すことが困難であるが、近年、特開平7-94296号公報に開示されているように、波形制御されたパルス列の固体レーザーを用いることにより、1Hz又は10Hzの繰り返しでレーザープラズマ軟X線を発生させることができるようになっている。

【0005】そして特開平8-194100号公報、米国特許4,896,341号などには、波形制御されたパルス列の固体レーザーとテープ形状のターゲットを用いることにより、真空容器を常圧に戻すことなく高頻度で繰り返してレーザープラズマ軟X線を発生させることが提案されている。

【0006】ところが励起用レーザー光を用いたX線光源装置では、ターゲットから燃焼分解物や破砕物からなる飛散粒子（以下、デブリという）が軟X線と同時に放出され、広範囲の領域に飛散する。また10MW/cm²以上の高エネルギーの励起用レーザー光の場合は、デブリの速度が特に大きくなり、一層広範囲に飛散する。そしてこのデブリがX線光学系に付着すると、装置から取り出されるX線量が減少したり、X線光学系の要素を劣化さ

せる場合がある。またレーザー光学系にデブリが付着すると、励起用レーザー光の利用効率が低減する。さらにテープ形状のターゲットを用いるなどして、長時間繰り返しレーザープラズマ軟X線を発生させる場合には、短時間の間に多量のデブリが爆発的に発生してX線光学系やレーザー光学系に付着するという問題がある。

【0007】そのため従来のX線光源装置では、数十から数千回の励起用レーザー照射毎に真空容器を常圧に戻し、X線光学系やレーザー光学系に付着したデブリを除去している。したがって長時間連続して軟X線を取り出すことが困難であり、作業性及び生産性が低いという問題があった。

【0008】そこで特開平4-112498号公報、特開平8-194100号公報には、ターゲットとX線光学系との間に高分子フィルムを介在させ、高分子フィルムを通して軟X線をX線光学系へ導く構成の装置が開示されている。また特開平10-26699号公報には、励起用レーザー入射窓へのデブリの付着を阻止するために高分子フィルムを用いることが提案されている。このようにすれば、デブリは高分子フィルムに付着して捕捉されるので、デブリがX線光学系やレーザー光学系に付着するのが防止され、上記不具合を解決することができる。

【0009】また特開平10-55899号公報には、微粒子状の金属を励起用レーザー集光位置へ噴射・回収することで連続的に軟X線を発生する方法が開示され、特開平10-221499号公報には微粒子状の金属を含むガスを噴射・回収する装置を用いて軟X線を発生させる方法が開示されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】ところで近年、EUV領域の波長の電磁波を光源とする微細加工技術が注目を集めている。このEUV領域の波長は軟X線領域と重なるので、上記した従来のX線光源装置を利用することが考えられる。ところがEUV領域の波長の電磁波を光源とする微細加工技術においては、数kHz以上という高頻度の繰り返しでEUV領域の波長の電磁波を発生させる必要がある。

【0011】そのため従来のX線光源装置のように高分子フィルムによってデブリをシールドする方法では、真空容器内を漂うデブリを完全にシールドすることは困難であり、ターゲットから発生した電磁波を導く出力光学系にデブリが侵入する場合がある。

【0012】また微粒子状の金属を噴射してターゲットとする方法では、デブリの発生は軽減できるものの、高輝度軟X線を発生させることが困難であったり、噴射と励起用レーザーとを同期させることが困難であるなどの問題がある。

【0013】さらにテープ状のターゲットを巻取り駆動しながら用いても、数kHz以上の高頻度でレーザービームを照射するためテープ供給速度を大きくしなければな

らず、そうするとテープが全て巻取られるまでに要する時間が短くなり長時間の連続運転が困難となる。またテープ長さを長くすればこの問題は解決されるものの、巻取厚さが厚くなって光源装置が大型化するという問題がある。

【0014】そして単位時間当たりのターゲットの消費量がきわめて多いために、デブリの発生量も多くなって、光学系への付着が避けられず定期的な清掃の頻度が高くなるという不具合がある。

【0015】本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、数kHz以上の高頻度でレーザービームを照射してEUV領域の波長の電磁波をデブリの発生を抑制した状態で繰り返し発生させることができるようにすることを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する本発明のレーザープラズマEUV光源装置に用いられるターゲットの特徴は、レーザープラズマEUV光源装置内に配置されエネルギービームの照射によりEUV領域の波長の電磁波を発生するターゲットであって、膜厚10～100μmの高分子フィルムと、高分子フィルムに保持されたターゲット材料とからなることにある。

【0017】上記した本発明のターゲットにおいて、ターゲット材料はAl、Cu、Sn及びSiから選ばれる金属の単体又は合金からなることが望ましい。またターゲットは、高分子フィルムと高分子フィルム表面に形成された膜厚1～20μmの金属層とからなることが特に好ましい。

【0018】また上記課題を解決する本発明のレーザープラズマEUV光源装置の特徴は、真空容器と、真空容器内に配置されたターゲットと、ターゲットにエネルギービームを照射するビーム照射手段と、エネルギービームをターゲットに導く入力光学系と、真空容器に連通して設けられターゲットから発生した電磁波を導く出力光学系と、入力光学系及び出力光学系の少なくとも一方をデブリから保護する遮蔽装置と、電磁波からEUV領域の波長の電磁波を選択する波長選択装置と、よりなることにある。

【0019】このレーザープラズマEUV光源装置は、上記した本発明のターゲットを用いることが望ましく、そのターゲットをエネルギービームの集光位置に連続的又は間欠的に供給するターゲット駆動装置をもつことが望ましい。

【0020】例えばターゲットはテープ状ターゲットであり、ターゲット駆動手段はテープ状ターゲットを送り出す駆動部とテープ状ターゲットを巻き取る巻取部とをもち、エネルギービームの集光位置は駆動部と巻取部の間にあるように構成することができる。

【0021】入力光学系は、EUV領域の波長の電磁波の取り出し軸方向を含む平面内でエネルギービームを振

動させるビーム振動手段をもつことが望ましい。またエネルギービームの振動方向はテープ状ターゲットの移動方向に対して垂直であることが特に好ましい。

【0022】遮蔽装置は、窒化ケイ素膜と補強膜とからなる遮蔽膜をもち出力光学系を飛散粒子から保護することが望ましい。また遮蔽装置は、遮蔽膜を移動させる移動手段をもつことが望ましい。

【0023】

【発明の実施の形態】本発明者らの研究によれば、高分子フィルムにエネルギービームが照射されると、そのエネルギーによってプラズマ化されるだけでなく、ある種類の高分子フィルムでは、集光位置の周囲はガス化するだけでデブリは発生しないことが明らかとなった。したがってそのような高分子フィルムを用いることにより、飛散微粒子の発生を抑制することができる。

【0024】そこで本発明のターゲットは、高分子フィルムと、高分子フィルムに保持されたターゲット材料とから構成されている。

【0025】高分子フィルムはターゲット材料を保持して強度を付与し、後述するようにエネルギービームの集光位置へ連続的に供給することを可能とするものである。そして本発明のターゲットでは、もしエネルギービームが高分子フィルムに照射されたとしても飛散微粒子の発生を抑制することができる。

【0026】高分子フィルムの材質としては、エネルギービームが照射されたときに容易にガス化するものが望ましく、炭素、水素、酸素及び窒素から選ばれる元素から構成されたものが望ましい。このような高分子フィルムを用いれば、エネルギービームが照射されたときにCO、CO₂、H₂O、N₂などとなって容易にガス化し、デブリが生じない。このような高分子フィルムとしては、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエチレンテレフタレート、ポリカーボネート、ポリイミド、パリレンなどが例示される。

【0027】この高分子フィルムの厚さは、10～100μmが望ましく30μm以上であることがより望ましい。厚さが10μm未満であると、エネルギービームの集光位置の周囲が広範囲にわたって破断するため、後述のターゲット駆動装置を用いて連続的又は間欠的にターゲットを供給することが困難となる。10μm以上の厚さであれば、エネルギービームの集光位置が熔融するだけで、その周囲の破断を防止することができる。なお厚さの上限は制限されないが、ターゲット駆動装置による供給のし易さ、製造のし易さ、あるいはリールへの巻取り長さ及び巻取り厚さなどを考慮すると、100μm以下とするのが好ましい。

【0028】ターゲット材料は、Al、Cu、Sn及びSiから選ばれる金属の単体又は合金からなることが好ましく、デブリの発生が少ないCu又はCu合金が特に好ましい。このターゲット材料は、微粒子状として高分子フィルムに

保持させてもよいし、層状として高分子フィルムの表面又は内部に積層することもできる。

【0029】微粒子状として高分子フィルム中に保持する場合は、粒子径を0.1～80μmとし、高分子フィルムの厚さ方向に5～10μmの厚さとなるように保持することが望ましい。粒子径が0.1μm未満であると発生する電磁波の強度が小さくなり、80μmを超えるとプラズマ化しなかった部分がエネルギービームのエネルギーによって熔融し粒子どうしが融合して部分的に粒子径が100μm以上の粗大粒子が生成するため、デブリが多く発生するようになる。

【0030】また粒子が高分子フィルムの厚さ方向に5μm未満となるように保持されていると、量が少なすぎて発生する電磁波の強度が小さく、10μmを超える厚さとなるように保持されていると、量が過剰となってデブリが多く発生するようになる。

【0031】また粒子の形状は、箔状、球状、不定形など特に制限されない。そして粒子は高分子フィルム全体に分散保持してもよいし、表面のみに保持することもできる。高分子フィルム表面に保持するのであれば粒子は箔状とするのが望ましく、高分子フィルム中に保持するのであれば球状とするのが特に望ましい。

【0032】微粒子状の金属粒子を製造するには、アトマイズ法、粉碎法、爆砕法などが例示される。アトマイズ法にはガスアトマイズ法、水アトマイズ法、遠心アトマイズ法があり、熔融金属を真空中や溶液中に吹出したり、遠心力により飛散させて微粒子状の金属粒子を製造することができる。粉碎法は目的とする金属とそれより硬い金属とを容器に入れて容器ごと回転あるいは振動させて粉碎する方法であり、また爆砕法は金属片と爆薬を容器に入れて爆発させることで微粒子を製造する方法である。このうちアトマイズ法によれば比較的整った球状の微粒子を製造することができ、爆砕法によれば比較的硬質の金属から微粒子状の金属粒子を製造することができる。

【0033】微粒子状の粒子を高分子フィルムに保持するには、高分子フィルム内に埋設してもよいし、高分子フィルム表面に付着させることもできる。いずれの場合も、均一に分散して保持されていることが望ましい。埋設する場合には、高分子溶液中に粒子を混合してスピニングコート法などで成膜する方法、熔融高分子中に粒子を混合してフィルム成形する方法、ラミネート法により2枚の高分子フィルム間に粒子を挟持する方法などを採用することができる。また高分子フィルムの表面に粒子を保持するには、熔融した高分子フィルムの表面に粒子を供給して溶着させる方法、あるいは接着剤を用いる方法などを採用することができる。

【0034】金属層を形成する場合には、金属層の厚さは1～20μmの範囲が好ましい。金属層の膜厚が1μmより薄くなると、金属層自体にピンホールが生じやす

く、エネルギービームの集光位置によって発生する電磁波のスペクトルが異なるようになるため好ましくない。また金属層の膜厚が $20\mu\text{m}$ を超えると、エネルギービームの照射時に発生するデブリの量が多くなる。

【0035】この金属層は、高分子フィルムの表面又は内部に積層することができる。金属層が高分子フィルム表面に保持されたターゲットを形成するには、金属を厚さ $1\sim 20\mu\text{m}$ の箔状に加工し、高分子フィルム上に溶着又は接着することにより行うことができる。あるいは蒸着によって高分子フィルム上に金属層を形成してもよい。

【0036】本発明のレーザープラズマEUV光源装置の特徴は、真空容器と、真空容器内に配置されたターゲットと、ターゲットにエネルギービームを照射するビーム照射手段と、エネルギービームをターゲットに導く入力光学系と、真空容器に連通して設けられターゲットから発生した電磁波を導く出力光学系と、入力光学系及び出力光学系の少なくとも一方をデブリから保護する遮蔽装置と、電磁波からEUV領域の波長の電磁波を選択する波長選択装置とから構成されている。

【0037】ターゲットには、上記した高分子フィルム及びターゲット材料からなるものが用いられる。

【0038】ビーム照射手段としては、強度が $10\text{MW}/\text{cm}^2$ 以上のレーザー光を照射する装置を利用することができ、レーザー光の種類としては $100\text{MW}/\text{cm}^2$ 以上のものが特に好ましく、YAGレーザー、ガラスレーザー、エキシマレーザー、 CO_2 ガスレーザー、チタンサファイアレーザー、色素レーザーなどのレーザー光を利用できる。 $100\text{MW}/\text{cm}^2$ 以上の強度のレーザー光を用いれば、EUV領域の波長の電磁波を効率よく発生させることができる。

【0039】そして本発明のレーザープラズマEUV光源装置は、ターゲットをエネルギービームの集光位置に連続的又は間欠的に供給するターゲット駆動装置を備えている。この場合のターゲットは、シート形状又はテープ形状をなすことが望ましい。このようなターゲットとすることにより、ターゲット駆動装置を用いて、ターゲットをエネルギービームの集光位置に連続的又は間欠的に供給することができる。したがって真空容器の真空を解除することなく、長時間連続してEUV領域の波長の電磁波を発生させることが可能となる。

【0040】このターゲット駆動装置は、例えば一對のリールを用意し、テープ状のターゲットが巻回された一方のリールから他方のリールに巻き取る構成のものが例示される。リールの回転駆動を連続的にすれば、ターゲットを集光位置に連続的に供給でき、回転駆動を間欠的にすれば間欠的に供給することができる。

【0041】またターゲットを比較的面積の大きなシート状とし、それを回転駆動あるいは平行移動させることで連続的又は間欠的に供給することもできる。あるいは

円柱状の部材表面にシート状のターゲットを巻き付け、その部材を回転させてもよい。

【0042】さらに高繰り返しで長時間連続してEUV領域の波長の電磁波を発生させるためには、エネルギービームをターゲットの送り方向に垂直に振動させることが望ましい。これにより 6kHz 以上の高頻度の繰り返してレーザービームを照射することができ、一層長時間の連続運転が可能となる。

【0043】真空容器の真空度は、 $10^{-10}\sim 10^{-3}\text{Pa}$ の範囲が一般的に用いられる。入力光学系としてはレンズ、ガラス窓などが例示され、出力光学系としては、集光ミラー、平面結像型斜入射分光器、波長選択用フィルタなどが例示される。

【0044】遮蔽装置は入力光学系及び出力光学系の少なくとも一方をデブリから保護するものであり、これにより何らかの事情によってターゲットからデブリが発生した場合でもそれが入力光学系及び出力光学系の少なくとも一方に付着するのを阻止することができ、さらに長時間の連続運転を行うことができる。この遮蔽装置としては、特開平8-194100号公報などに開示された高分子フィルムなどの遮蔽膜を用いることができる。

【0045】例えば出力光学系へのデブリの付着を抑制するには、出力光学系の近傍でデブリを除去することが最も効果的である。そこで、ターゲットと出力光学系との間に、電磁波光路と略垂直に高分子フィルムよりなる遮蔽膜を供給する供給装置と、好ましくはデブリが付着した遮蔽膜を回収する回収装置とを備えた遮蔽装置とすることができる。このような遮蔽装置を用いれば、真空容器内を浮遊しているデブリが遮蔽膜に遮蔽されるため、出力光学系にデブリが付着するのを防止することができる。

【0046】そして、デブリが付着して汚れた遮蔽膜は回収装置に回収され、供給装置によって新しい遮蔽膜がターゲットと出力光学系との間に配置されるので、透過率が低下するのが防止される。またこの供給装置と回収装置は真空容器内に配置して駆動できるので、数万回以上のエネルギービーム照射に対しても装置の真空をリークすることなく長時間の連続使用が可能となって作業性及び生産性が向上する。なお、入力光学系も同様の構成の遮蔽装置を設けることが好ましい。

【0047】遮蔽膜としての高分子フィルムはEUV領域の波長の電磁波の透過率が高いことが望ましく、ポリプロピレン、ポリパラキシレンなどを用いることが好ましい。また高分子フィルムの厚さは、 $0.05\mu\text{m}$ から $3\mu\text{m}$ 以下の範囲とすることが望ましい。高分子フィルムの厚さが $3\mu\text{m}$ より厚くなると透過率が低下し、 $0.05\mu\text{m}$ より薄くなると強度に不足する。

【0048】供給装置及び回収装置は、高分子フィルムの形状によって適宜選択して構成することができる。例えば金属製や樹脂製などのフレームに高分子フィルムを

保持した構成とすれば、カートリッジを用いて供給装置及び回収装置を構成することができる。

【0049】遮蔽膜としては、上記した高分子フィルムでもよいが、窒化ケイ素膜が特に好ましい。窒化ケイ素膜はEUV領域の11~13nmの波長の電磁波の透過率が選択的に高いという特性を備えている。しかし膜厚が厚くなると、各波長において透過率が低下するため、厚さは0.2 μ m以下とする必要がある。

【0050】また0.2 μ m以下の膜厚の窒化ケイ素膜は、単体では破断しやすい。そして窒化ケイ素は作業時に基板となるケイ素との格子定数の違いにより、従来の高分子フィルムのようにテープ状として遮蔽装置に保持することが困難であり、またデブリの衝突に対する耐性が低く寿命が短いという欠点がある。

【0051】そこで、開口部をもつ枠状の基板と、少なくとも開口部の開口を覆いEUV領域の波長の電磁波を透過可能でデブリの通過を阻止する遮蔽膜とよりなり、遮蔽膜は厚さ0.05~0.2 μ mの窒化ケイ素膜と、窒化ケイ素膜の表面に形成され窒化ケイ素膜の応力緩和ならびに補強する補強膜とから構成することが好ましい。

【0052】すなわち窒化ケイ素膜の周辺部は基板に支持され、膜の部分では補強膜によって応力緩和されると同時に補強されている。したがって遮蔽装置として安定して保持することができ、寿命を長くすることができる。また遮蔽膜は開口周囲の基板の枠によって支持されるので、開口の大きさを遮蔽膜の強度に見合った大きさとする事で、比較的大きな面積でEUV領域の波長の電磁波の透過を許容しつつ遮蔽装置に安定して保持することができる。さらに、開口を複数設けておけば、それぞれの開口を順に用いることでデブリの付着による透過率の低下を防止しつつ、連続して長時間のレーザープラズマEUV光源装置の駆動が可能となる。

【0053】この補強膜は、窒化ケイ素膜の応力緩和と同時に補強できるものであればよく、各種酸化物薄膜あるいは高分子薄膜などが利用できる。中でも厚さ0.05~0.1 μ mの酸化ケイ素膜、厚さ0.05~0.2 μ mのポリプロピレン膜、厚さ0.05~0.2 μ mのバリレン膜から選ばれる1種であることが望ましい。このような補強膜とすることにより、高い透過率を維持しつつ窒化ケイ素膜を補強することができる。なおこれらの補強膜の厚さがこの範囲より薄いと補強効果を得にくく、この範囲より厚くなると透過率が低下するため好ましくない。またそれぞれの補強膜によって透過する電磁波の波長を選択することも可能である。

【0054】なお、基板上に窒化ケイ素膜をもちその表面に補強膜をもつ構成としてもよいし、基板上に補強膜をもちその表面に窒化ケイ素膜をもつ構成とすることもできる。また補強膜として酸化ケイ素膜を窒化ケイ素膜上に形成した場合、その酸化ケイ素膜の表面にさらに窒化ケイ素膜を形成した3層構造の遮蔽膜とすることもで

きる。この場合には、2層の窒化ケイ素膜の合計膜厚を0.05~0.2 μ mとすることが望ましい。

【0055】遮蔽膜は、最表面にアルミニウム及びベリリウムから選ばれる少なくとも1種の金属からなり厚さ0.005~0.5 μ mの薄膜を有することも好ましい。これにより可視光の透過を遮蔽することができる。この薄膜の厚さが0.005 μ mより薄いとその効果が得られず、0.5 μ mより厚くなると透過率が低下する。

【0056】上記遮蔽装置は、レーザープラズマEUV光源装置に着脱自在に配置されていることが望ましい。これによりデブリの付着によって遮蔽膜の透過率が低下した場合に交換が容易となる。

【0057】さらに、基板の開口部は面積4~100mm²の開口が複数個形成されてなり、遮蔽装置は基板の表面に沿う2次元方向へ可動とされて、それぞれの開口をEUV領域の波長の電磁波が透過可能に構成されていることが望ましい。これにより、遮蔽装置を移動させることで電磁波が透過する開口を移動させることができ、デブリが付着していない新しい開口を順に用いて電磁波を透過させることができる。したがって真空容器を常圧に戻すことなく遮蔽膜を新品に交換することが可能となり、連続して長時間の運転が可能となる。

【0058】開口部をもつ枠状の基板の材質としては特に制限されないが、上記した遮蔽膜を製造する場合、開口をもつ基板に薄膜の窒化ケイ素膜と補強膜を積層することは一般に困難を極める。したがって以下に説明するフォトリソストを利用した製造方法を用いることが望ましい。

【0059】すなわち先ず開口をもたない基板の少なくとも一表面に、厚さ0.05~0.2 μ mとなるように窒化ケイ素膜を形成する。窒化ケイ素膜は、基板の片側表面のみに形成してもよいし、両側表面に形成してもよい。この窒化ケイ素膜は、基板表面に窒化ケイ素を堆積あるいは蒸着することで形成することもできるが、シリコン基板を用いれば窒化処理するだけで窒化ケイ素膜をきわめて容易に形成することができる。

【0060】つまり、先ずシリコン基板の少なくとも一表面を窒化処理して窒化ケイ素膜を形成する。なお窒化処理は、アンモニアを用いたガス窒化法、KCNなどを用いた液体窒化法、イオン窒化法など公知の窒化処理方法を用いることができる。

【0061】次に、基板の一表面に形成された窒化ケイ素膜の表面に補強膜を形成する。この補強膜は、酸化ケイ素を厚さ0.05~0.1 μ mとなるように堆積あるいは蒸着によって形成することができる。またポリプロピレン、バリレンなどの高分子物質をCVD法もしくはPVD法などによって厚さ0.05~0.2 μ mとなるように堆積して形成してもよい。

【0062】そして補強膜をもたない基板の他表面にレジスト膜を形成し、フォトリソ法によりレジスト膜

に所定の開口を形成する。レジスト膜としてはネガあるいはポジのどちらでも用いることができ、マスキングして露光しその後露光部分又は非露光部分を除去することでレジスト膜に開口を形成する。上述したように、開口は複数個形成することが望ましい。

【0063】その後開口から基板あるいは窒化ケイ素膜と基板をエッチングして開口部をもつ枠状の基板を形成し、最後にレジスト膜を除去する。これにより一面側には開口部をもつ枠状の基板表面が表出し、他面側には開口を覆う窒化ケイ素膜と補強膜が形成された遮蔽装置を形成することができる。

【0064】なお基板上に先ず補強膜を形成し、その上に窒化ケイ素膜を形成してもよい。また上述したように、最表面にアルミニウム及びベリリウムから選ばれる少なくとも1種の金属からなり厚さ0.005～0.5 μ mの薄膜を形成することもできる。この薄膜は、堆積あるいは蒸着によって形成することができる。

【0065】波長選択装置は、ターゲットから発生した電磁波を構成する種々の波長の電磁波に分散させる分散部と、波長分散された電磁波からほぼ単波長の電磁波を取り出す選択部とから構成することができる。

【0066】分散部としては、分光器、回折格子、多層ハーフミラー膜、ゾンプレートなどが例示される。そして選択部としては、空間スリットが代表的に例示される。この空間スリットは、隙間を開けて並べられた平行な2枚の金属板と枠とで構成され、細長い隙間以外の部分は電磁波を遮断し、隙間の長手方向が波長分散方向に対して垂直となっている。細長い隙間の幅によりスペクトル幅が限定でき、隙間の長さを長くすることにより多くの電磁波を透過させることができる。

【0067】この選択部は、固定として特定の波長の電磁波を取り出すように構成してもよいが、波長分散された電磁波の波長分散方向に移動可能とすることが好ましい。これにより各種波長の電磁波を選択して取り出すことができ、各種波長の電磁波を単色光源として多様に利用することができる。

【0068】例えば分散部として回折格子を用いた場合、回折格子に入射される電磁波の入射角度(α)と波長分散された所定波長(λ)の電磁波の出射角度(β)との間には次(1)式の関係がある。なお次(1)式において、Nは回折格子の溝の数、kは次数である。

【0069】したがって(1)式から所定波長(λ)の電磁波の出射角度(β)を求めることができ、回折格子から波長選択装置までの距離Lを用いて、次式(2)によって回折格子面から結像位置までの高さ(H)が算出できるので、波長選択装置をその結像位置へ移動可能とすることにより、波長分散された中から任意の波長の電磁波を取り出すことができる。

$$Nk\lambda = \sin\alpha + \sin\beta \quad (1)$$

$$H = L \cot\beta \quad (2)$$

そして選択部で選択された特定波長の電磁波は、波長選択装置の先にX線CCDカメラ、マイクロチャンネルプレート、ストリークカメラなどのX線検出器を配置しておくことで観察することができ、X線顕微鏡、EUVリソグラフィ評価装置、光電子分光装置などを配置しておくことで、単色光源としてそれぞれの分野に利用することができる。

【0071】また本発明のレーザープラズマEUV光源装置は、ターゲットと出力光学系との間に高次の次数の電磁波をカットする規制部材が配置されていることが望ましい。このようにすれば、規制部材により高次の次数の電磁波がカットされ、その電磁波が波長選択装置に入射されることによって、さらなる狭帯域化が達成され単波長の電磁波をいっそう確実に取り出すことができる。この規制部材としては、窒化ケイ素膜などを用いることができる。

【0072】入力光学系は、EUV領域の波長の電磁波の取り出し軸方向を含む平面内でエネルギービームを振動させるビーム振動手段をもつことが望ましい。このようにエネルギービームを振動させながら照射することにより、ターゲットの全面を無駄なく使用することができる。したがって同じ時間運転できるようにした場合、真空容器内に配置されるターゲットの量を少なくすることができ、レーザープラズマEUV光源装置を小型化することができる。

【0073】このビーム振動手段としては、エネルギービームを真空容器内に入射するためのミラーを振動型とすることにより行うことができる。また振動の振幅はターゲットの形状に合わせればよいが、一般にはターゲット上で10～30mm程度である。

【0074】ターゲットがテープ状をなし、かつその長手方向にターゲットを移動させるターゲット駆動装置をもつ場合には、エネルギービームの振動方向はテープ状ターゲットの移動方向に対して垂直であることが特に好ましい。このようにすればテープ状ターゲットを無駄なく利用することができ、長時間の連続運転が一層容易となる。

【0075】

【実施例】以下、実施例及び試験例により本発明を具体的に説明する。

【0076】図1及び図2に本発明の一実施例のレーザープラズマEUV光源装置の概略を示す。このレーザープラズマEUV光源装置は、真空容器1と、真空容器1の外部に配置されたレーザー装置2と、真空容器1内に配置されたターゲット駆動装置3と、真空容器1内に配置されたデブリ遮蔽装置4と、真空容器1の一側壁に連結された平面結像型斜入射分光器5と、から主として構成されている。

【0077】真空容器1には図示しない排気装置が接続され、真空容器1内を10⁻⁴Paまで減圧可能とされている。

る。また真空容器1の一側壁には石英ガラスから形成されたレーザー入射窓10が設けられている。そして真空容器1の一側壁には分光器接続ポート11が形成され、平面結像型斜入射分光器5は分光器接続ポート11に接続されている。

【0078】レーザー装置2はNdを用いたYAGレーザー光($E=0.8\text{J}$, $t=7\text{ns}$, $\lambda=532\text{nm}$)を発生する本体20と、ビームエキシパンダー21と、集光レンズ22とから構成されている。集光レンズ22は、レーザー入射窓10と同軸的に配置されている。

【0079】ターゲット駆動装置3は、図3に拡大して示すように、基台30に起動自在に保持された一対のリール31、32と、一対のリール31、32間に介装されたターゲット33と、図示しないモータとから構成されている。ターゲット33は、図4に示すように、ポリエチレンからなる透明なフィルム層34と、フィルム層34表面に積層された金属層35とからなる二層構造をなし、テープ状に形成されている。そしてターゲット33は一方のリール31に巻回され、モータの連続駆動によって一方のリール31から他方のリール32に巻き取られるように構成されている。したがって励起用レーザー光100が照射された部分はリール32に巻き取られるので、ターゲット33は常に新しい金属層35がレーザー光100の集光位置36に位置するようになっている。

【0080】ターゲット33は、ポリエチレンからなるフィルム層34に、金属箔を接合することで形成された金属層35とからなり、集光位置36において金属層35の表面がレーザー光に対向するように配置されている。

【0081】デブリ除去装置4は、断面コ字状のベース41と、ベース41に固定されたモータ42と、モータ42の回転軸に保持された駆動リール43と、駆動リール43に離間した位置でベース41に回転自在に保持された従動リール44と、駆動リール43及び従動リール44の間に張設されたポリエチレンフィルム40と、ベース41とターゲット駆動装置3の間に配置され貫通穴をもつ遮蔽板45と、から構成されている。

【0082】モータ42の回転軸の軸受け、駆動リール43の軸受け、従動リール44の軸受けなど、全ての可動部分には、真空グリースもしくは固体潤滑剤が塗布され、真空中における回転が長時間円滑に行われるように工夫されている。またモータ42は励起用レーザーの繰り返し周波数に同期して駆動できるように構成されている。

【0083】したがってターゲット33から発生したデブリは、遮蔽板45によって遮蔽され、かつ遮蔽板45の貫通穴を通ったデブリもポリエチレンフィルム40によって遮蔽されるため、レーザー入射窓10にデブリが付着するの防止される。またポリエチレンフィルム40は、ある程度デブリが付着するとモータ42の駆動によって新しい表面がレーザー入射窓10に対向するので、レーザー光の透過性が悪化するような不具合もない。

【0084】平面結像型斜入射分光器5は、図5に示すように集光ミラー50と、スリット51を備え、その先に波長分散装置としての回折格子52が備えられている。集光ミラー50はトロイダル反射面を有しており、面に垂直方向の電磁波がスリット51で集光されるように設計されている。また回折格子52の先には波長選択装置としての空間スリット53と、空間スリット53が固定された直線導入器54が設けられ、直線導入器54の駆動により空間スリット53は前後に微移動可能となっている。そして空間スリット53に近接して、ウェハー55が配置されている。回折格子52の中央から空間スリット53までの距離(L)は235mmである。

【0085】この平面結像型斜入射分光器5では、集光ミラー50で集光された電磁波がスリット51を通過し、回折格子52で波長分散される。そして波長分散された各波長の電磁波がウェハー55をエッチングする。

【0086】またこのレーザープラズマEUV光源装置によれば、リール30、31の回転駆動を連続的にすることにより、ターゲット33を励起用レーザー光の集光位置36に連続的に供給でき、回転駆動を間欠的にすれば間欠的に供給することができる。したがって長時間の連続駆動が可能となる。

【0087】そして本実施例のレーザープラズマEUV光源装置によれば、フィルム層34と金属層35とからなるテープ状のターゲット33を用いているので、デブリの発生を抑制することができ、かつ金属層35の新しい表面を連続的に供給できる。これによりレーザー入射窓10あるいは平面結像型斜入射分光器5内の各装置にデブリが付着するのが抑制され、数kHz以上の高頻度の繰り返しでEUV領域の波長の電磁波を長時間安定して発生・利用することができる。

【0088】(試験例) 上記したレーザープラズマEUV光源装置を用い、ターゲット33の構成を種々変更して発生する電磁波のスペクトルを測定した。なお測定に際しては波長選択を行うためのフィルターを使用し、12.4nm以下の波長はカットしている。

【0089】ターゲット33として、フィルム層34の厚さを50 μm 固定とし、金属層35としてアルミニウム(Al)を用いた場合のスペクトルを図6に、錫(Sn)を用いた場合のスペクトルを図7に、銅(Cu)を用いた場合のスペクトルを図8に示す。なお金属層35の厚さは、いずれも10 μm である。

【0090】この結果から、Alは線スペクトルであるのに対し、Sn及びCuは連続スペクトルとなっていることがわかる。したがって、波長分散及び波長選択を行う場合には連続スペクトルの方が都合がよいので、ターゲットとしてはSn及びCuが望ましいことがわかる。

【0091】次に、金属層35の材質とデブリの発生量との関係について調査した。なお、デブリは、エネルギービームの照射によって集光位置周囲の金属が溶融し、プ

ラズマのエネルギーとエネルギービームとの相互作用によってそれが吹き飛ばされることで発生することが報告されている。したがって金属層35の金属の融点が高いほどデブリが発生しにくいと予想され、発生するデブリの量は $\text{Sn} > \text{Al} > \text{Cu}$ となると予想される。

【0092】そこで厚さ $10\mu\text{m}$ のAlとCuからなる金属層35をもつターゲット33を調製し、本実施例のレーザープラズマEUV光源装置を用いてデブリの堆積量を測定した。測定は、レーザープラズマEUV光源装置の真空容器1内にシリコンウェハーを配置し、ターゲット33にエネルギービームを20万回照射して、シリコンウェハーに堆積したデブリの量を接触式段差計でそれぞれ測定した。またターゲット33の集光位置36からの角度を種々水準として測定した。結果を図9に示す。

【0093】図9より、Cuの方がAlに比べてデブリの堆積量が格段に小さく、Cuが特に好ましいターゲット材料であることがわかる。

【0094】次に、金属層35の厚さに対する検討を行った。ターゲットとしてアルミニウム板を用い、本実施例のレーザープラズマEUV光源装置を用いてエネルギービームを1回照射した結果、直径約 $500\mu\text{m}$ 、深さ約 $100\mu\text{m}$ 相当が剥ぎ取られていた。しかしこの量は、EUV領域の波長の電磁波を発生するに必要な量だけでなく、上記したようにプラズマのエネルギーとエネルギービームとの相互作用によって深く剥ぎ取られる結果となったと考えられる。

【0095】そこで厚さ $50\mu\text{m}$ のポリエチレンテレフタレートフィルムの表面に、厚さの異なるアルミニウム箔をそれぞれ溶着若しくは溶剤により接着してアルミニウム層をそれぞれ形成して、複数種類のテープ状ターゲット33を調製した。このターゲット33を用い、本実施例のレーザープラズマEUV光源装置を用いてエネルギービームを1回照射して、フィルム層34が表出しない金属層35の厚さを求めた。その結果、アルミニウム層の厚さが $1\sim 10\mu\text{m}$ あれば十分であり、アルミニウム板と同等のEUV領域の波長の電磁波が発生することがわかった。

【0096】すなわち金属層35の厚さは、高々 $20\mu\text{m}$ もあれば十分であるが、この厚さの金属箔では強度が不足する。そこで本発明のターゲットでは、高分子フィルムと金属層とを積層することとした。高分子フィルムの厚さは、一般的に流通している $10\sim 100\mu\text{m}$ の厚さのものを利用すればよく、これにより入手が容易で安価となる。

【0097】次に、ターゲット駆動装置3がターゲット33を送る速度を検討した。前述したように、エネルギービームを1回照射した場合の照射痕の直径は $500\mu\text{m}$ であるので、エネルギービームの周波数を 5kHz とすると1秒間に5000ショットとなり、 $5\text{m}/\text{秒}$ 以上の速度で送れば確実に金属層35の新しい表面を集光位置36に位置させることができる。しかしこの速度では、1時間連続照

射しようとするターゲット33の長さは $18,000\text{m}$ にもなり、巻き芯の径を 5mm 、ターゲット33の厚さを $100\mu\text{m}$ とすると巻取り厚さは約 0.78m となる。したがって作業時間である8時間連続照射の場合には、巻取り厚さは約 22m にもなるため、真空容器1の大きさが大きくなるだけでなく、集光位置36から平面結像型斜入射分光器5までの距離が離れてしまい損失が大きい。

【0098】そこでレーザー装置2は、EUV領域の波長の電磁波の取り出し軸方向を含む平面内でエネルギービームを振動させるビーム振動手段をもつことが望ましい。このビーム振動手段としては、図2に示すように振動型ミラー23を利用することで容易に行うことができる。例えば振動型ミラー23の振幅を 20mm としてテープ状ターゲット33の幅方向を含む平面内でかつテープ状ターゲット33の移動方向に垂直に振動させれば、ターゲット33の幅方向に40個の照射痕を並べられるので、エネルギービームの周波数を 5kHz とすると、長さ方向では1秒間に125ショットの計算となる。

【0099】したがって振動型ミラー23の振幅を $20\sim 40\text{mm}$ とすれば、 $125\sim 250\text{Hz}$ に対応する速度、即ち $62\sim 125\text{mm}/\text{秒}$ の送り速度とすることができる。この場合には、ターゲット33の長さは1時間当たり 4500m となり、巻取厚さは8時間でも約 3.5m となるので、装置を小型化することができる。

(実施例2)ところで金属層35としてCuを用いた場合には、 1.6×10^{11} ショットすると、ターゲット33の集光位置36から 300mm 離れた位置でもデブリが約 $71\mu\text{m}$ 堆積する。もしデブリがこれだけ堆積したら、平面結像型斜入射分光器5に用いられている光学素子はほとんど反射しなくなってしまう。

【0100】そこで本実施例のレーザープラズマEUV光源装置は、図10に示すように、平面結像型斜入射分光器5の根元部分に、間隔を隔てた一對のシャッター56が設けられ、また一對のシャッター56の間には面積 4mm^2 の開口をもつ一對の遮蔽板57が配置され、さらに一對の遮蔽板57の間に遮蔽装置6が配置されていること以外は実施例1と同様の構成である。前方側のシャッター56のさらに前方に、集光ミラー50が配置されている。

【0101】遮蔽装置6は、図11に示すように、Xステージ60とYステージ61とよりなるX-Yステージと、X-Yステージに保持されたシールド部62とから構成され、シールド部62がEUV領域の波長の電磁波の光軸Qに垂直となるように配置されている。またXステージ60とYステージ61はそれぞれX方向及びY方向に移動可能であり、それぞれ平面結像型斜入射分光器5の外部へ突出するノブ63、64の操作によってX方向及びY方向に手動で駆動可能となっている。そしてシールド部62は縦横それぞれ3個及び4個、合計12個の窓65をもち、ノブ63、64の操作によってX-Yステージの移動とともに移動することで、いずれかの窓65が光軸Q上に位置するよ

うに構成されている。

【0102】このシールド部62は、図12(f)に示すように、12個の開口66をもつ格子状のシリコン基板67と、基板67の一表面の全面に形成され開口66を覆う窒化ケイ素膜68と、窒化ケイ素膜68の一表面に全面に形成された酸化ケイ素膜69とから構成されている。開口66が窓65を構成している。シリコン基板67の厚さは $500\mu\text{m}$ であり、開口66の面積はそれぞれシャッター56の開口と同一面積の 4mm^2 である。また窒化ケイ素膜68の膜厚は $0.05\sim 0.1\mu\text{m}$ 、酸化ケイ素膜69の膜厚は $0.05\mu\text{m}$ である。

【0103】次に、上記シールド部62の製造方法を図12を参照しながら説明する。

【0104】先ず開口66をもたないシリコン基板67を用意し、図12(a)に示すようにその両側表面をガス窒化法を用いて窒化処理し窒化ケイ素膜68を形成した。窒化ケイ素膜68の厚さはそれぞれ $0.05\mu\text{m}$ である。

【0105】次に図12(b)に示すように、一方の窒化ケイ素膜68の表面に蒸着法によって酸化ケイ素膜69を形成し、他方の窒化ケイ素膜68の表面にレジスト材を塗布してレジスト層70を形成した。酸化ケイ素膜69の膜厚は $0.05\mu\text{m}$ であり、レジスト層70の膜厚は $2\mu\text{m}$ である。

【0106】そして光ステッパー装置にレジスト層70を上にして配置し、開口66サイズのマスクパターンを露光転写する。その後未硬化部分を洗浄して現像すると、図12(c)に示すように開口66サイズの開口をもつパターンがレジスト層70に転写される。

【0107】次にレジスト層70の開口を介して表出する窒化ケイ素膜68を、 CF_4+O_2 混合ガスによるリアクティブイオンエッチング(RIE)法を用いてエッチングすると、図12(d)に示すように窒化ケイ素膜68には12個の開口が形成され、開口からシリコン基板67が表出する。そこで図12(e)に示すようにレジスト層70を除去し、次いで窒化ケイ素膜68の開口を介して水酸化テトラメチルアンモニウムを用いてシリコン基板67をエッチングして開口66を形成する。そして最後に開口をもつ窒化ケイ素膜68を除去することにより、図12(f)に示すように、開口66を窓65とするシールド部62が形成される。

【0108】この遮蔽装置6をもつレーザープラズマEUV光源装置では、発生した電磁波は遮蔽板57の開口を通過してシールド部62に照射される。シールド部62では、電磁波は光軸Qの位置にある1個の窓65に照射され、開口66から窒化ケイ素膜68と酸化ケイ素膜69をこの順に透過して平面結像型斜入射分光器5に照射される。そしてデブリは、遮蔽板57とシールド部62によってシールドされ、平面結像型斜入射分光器5に侵入するのが防止されている。またシールド部62の窓65では、窒化ケイ素膜68と酸化ケイ素膜69とが積層されてフィルタが構成され、かつ窓65の開口面積は最低限必要な面積とされているため、デブリの衝突に対しても十分な強度を有し耐久性に優れている。

【0109】そしてシールド部62では、窓65へのデブリの付着によって次第に電磁波の透過率が低くなる。そこで光軸Qの位置にある窓65の透過率がある程度低下した時点で、手動によりノブ63、64を駆動して次の窓65を光軸Q上に位置させる。これにより電磁波は新品の窒化ケイ素膜68と酸化ケイ素膜69からなる窓65を透過するため、透過率が回復する。したがって励起用レーザー光の照射を停止して真空容器1を常圧に戻すような必要なく新品の窓65に交換できるので、連続的に長時間の電磁波の利用が可能となる。

【0110】なおX-Yステージの移動は、レーザー装置2からのパルス信号をフィードバックして図示しない制御装置でカウントし、そのカウント数によって移動させるようにしている。例えばシールド部62がターゲット33の集光位置36から 200mm 離れた位置にある場合には、Cuをターゲットとして $200,000$ 回ショットした場合に、図9よりデブリ採取角度が 90° 方向でデブリが約 30nm ($0.03\mu\text{m}$)堆積する。この厚さでは、図13に示すように波長 13nm の電磁波の透過率は約 20% となってしまう。

【0111】この結果を基に、波長 13nm の電磁波の透過率が約 75% となる時のデブリの厚さをシミュレートすると、デブリの厚さは 5nm ($0.005\mu\text{m}$)となる。

【0112】これは $5,000,000$ 回のショット分に相当し、周波数が 5kHz の場合には約 0.3 時間(約 18 分)に相当する。したがって $5,000,000$ 回のカウント毎にX-Yステージを移動して新しい窓65を光軸Q上に位置させるようにすれば、一つのシールド部62で約 3.6 時間の連続運転が可能となる。

【0113】また水晶振動子を遮蔽板57近傍に配置し、デブリが遮蔽板に付着すると水晶振動子の振動周波数が変化するので、その変化を検出することで移動及び交換の時期を判断することもできる。

【0114】

【発明の効果】すなわち本発明のレーザープラズマEUV光源装置及びそれに用いられるターゲットによれば、数 kHz 以上という高周波で繰り返してEUV領域の波長の電磁波を発生させることができ、安定した長時間の連続運転が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例のレーザープラズマEUV光源装置の全体の概略構成を示す説明断面図である。

【図2】本発明の一実施例のレーザープラズマEUV光源装置の要部を示す斜視図である。

【図3】本発明の一実施例のレーザープラズマEUV光源装置に用いたターゲット駆動装置の斜視図である。

【図4】本発明の一実施例のターゲットの断面図である。

【図5】本発明の一実施例のレーザープラズマEUV光源装置に用いた出力光学系の要部断面図である。

【図6】本発明の一実施例のレーザープラズマEUV光

源装置で観察されアルミニウムをターゲットとした場合に発生した電磁波のスペクトル図である。

【図7】本発明の一実施例のレーザープラズマEUV光源装置で観察され錫をターゲットとした場合に発生した電磁波のスペクトル図である。

【図8】本発明の一実施例のレーザープラズマEUV光源装置で観察され銅をターゲットとした場合に発生した電磁波のスペクトル図である。

【図9】本発明の一実施例のレーザープラズマEUV光源装置でアルミニウムと銅をターゲットとした場合に採取角度と堆積したデブリ量との関係を示すグラフである。

【図10】本発明の第2の実施例のレーザープラズマEUV光源装置の要部断面図である。

【図11】本発明の第2の実施例のレーザープラズマEUV光源装置で用いたX-Yステージの斜視図である。

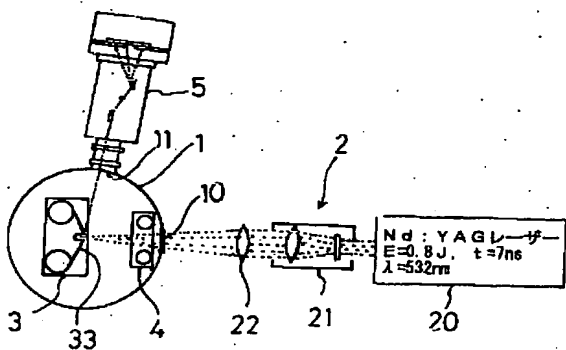
【図12】本発明の第2の実施例のレーザープラズマEUV光源装置で用いたシールド部の製造方法を示す説明図である。

【図13】銅をターゲットとした場合にデブリが $0.03\mu\text{m}$ 堆積したときの電磁波の波長と透過率の関係を示すグラフである。

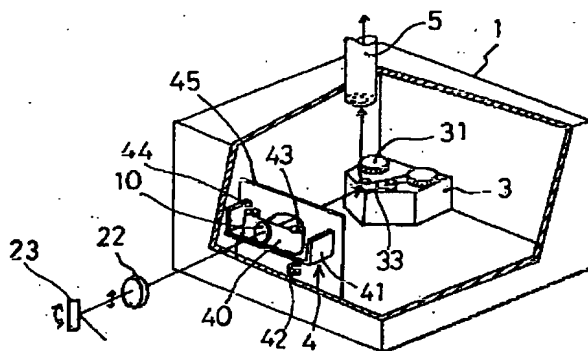
【符号の説明】

1：真空容器 2：レーザー装置 3：ターゲット駆動装置
4：デブリ遮蔽装置 5：平面結像型斜入射分光器
10：レーザー入射窓 23：振動型ミラー 33：ターゲット

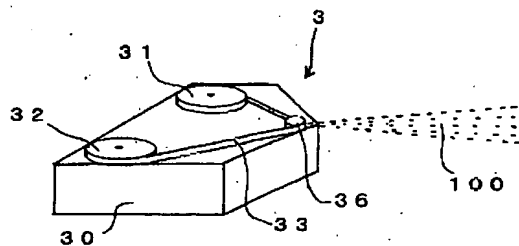
【図1】



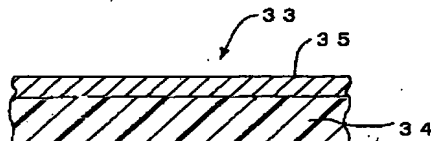
【図2】



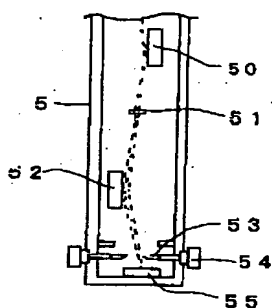
【図3】



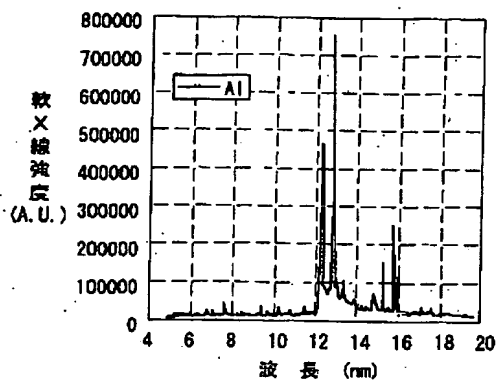
【図4】



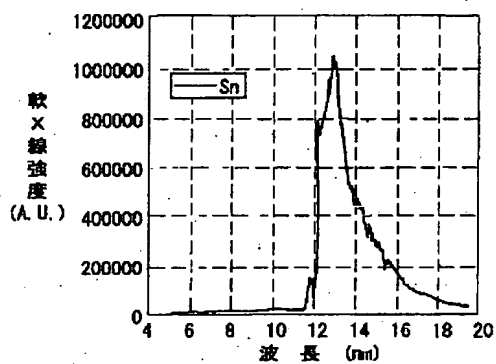
【図5】



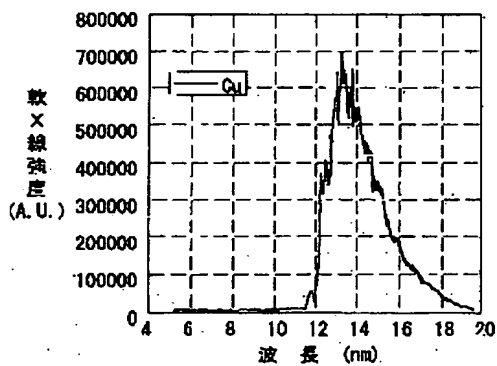
【図6】



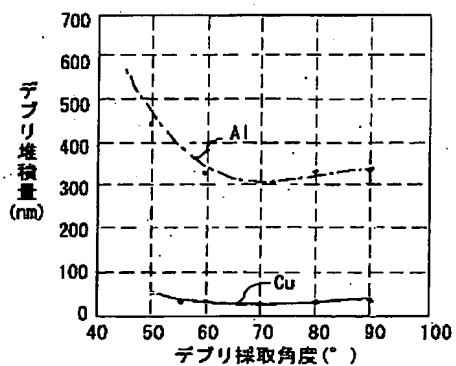
【図7】



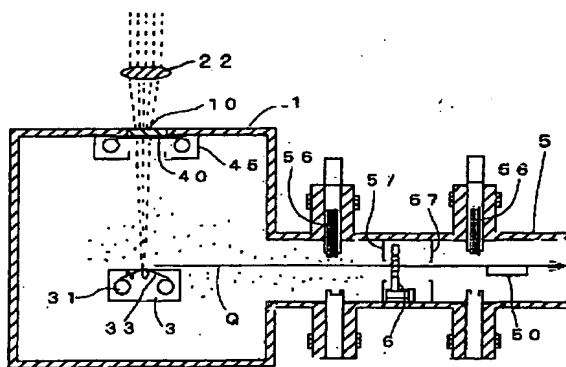
【図8】



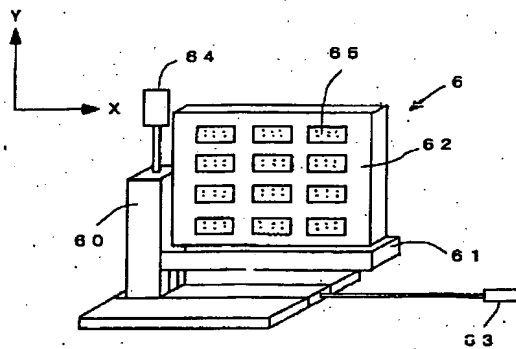
【図9】



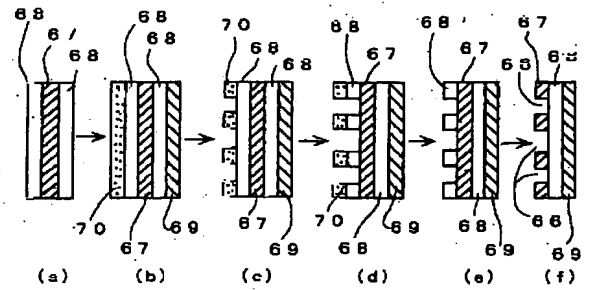
【図10】



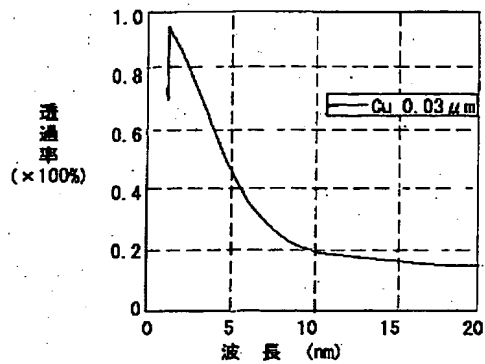
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 東 博純
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内

Fターム(参考) 2H097 AB09 CA15 LA10
5F046 GA07 GB05 GB07 GC03